

УДК 339.138

**РОЛЬ СЫРЬЕВОГО РЫНКА В РАЗВИТИИ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ****Гупалова Е.И.,****научный руководитель канд. экон. наук Смирнова Е.В.*****Сибирский федеральный университет***

В настоящее время в России и в мире наблюдается тенденция к увеличению потребления электроэнергии, необходимой для производства различной продукции и обеспечения жизни человека. За последние 20 лет потребление электроэнергии выросло на 45% и в 2010 году составило 10350 ГВт. Среднемировая цена электроэнергии составляет \$0,07-0,08 за кВт-час.

Главный вклад в мировое производство электроэнергии дают генераторы, работающие на угле (40 %), затем идут генераторы, работающие на газу (19%), на третьем месте находится атомная и гидроэлектроэнергия (по 16%). Отсюда следует, что основная часть энергоресурсов, используемых для производства электроэнергии, являются невозобновляемыми, а производство электроэнергии с использованием этих ресурсов несет в себе экологические риски и высокую себестоимость. Именно поэтому в настоящее время наблюдается повышенный интерес к альтернативным источникам энергии.

Особенностью развития энергетики сегодня является резкое ужесточение экологических требований. Кроме того, наблюдается переход на высокоэффективные и ресурсосберегающие энергетические технологии и попытки поиска альтернативных, преимущественно возобновляемых источников энергии. Объемы производства электроэнергии с использованием альтернативных источников росли в последние 10 лет на 14-20 % ежегодно и в 2010 году достигли 414 ГВт, что составляет 4% от всего объема производства электроэнергии (рис 1).

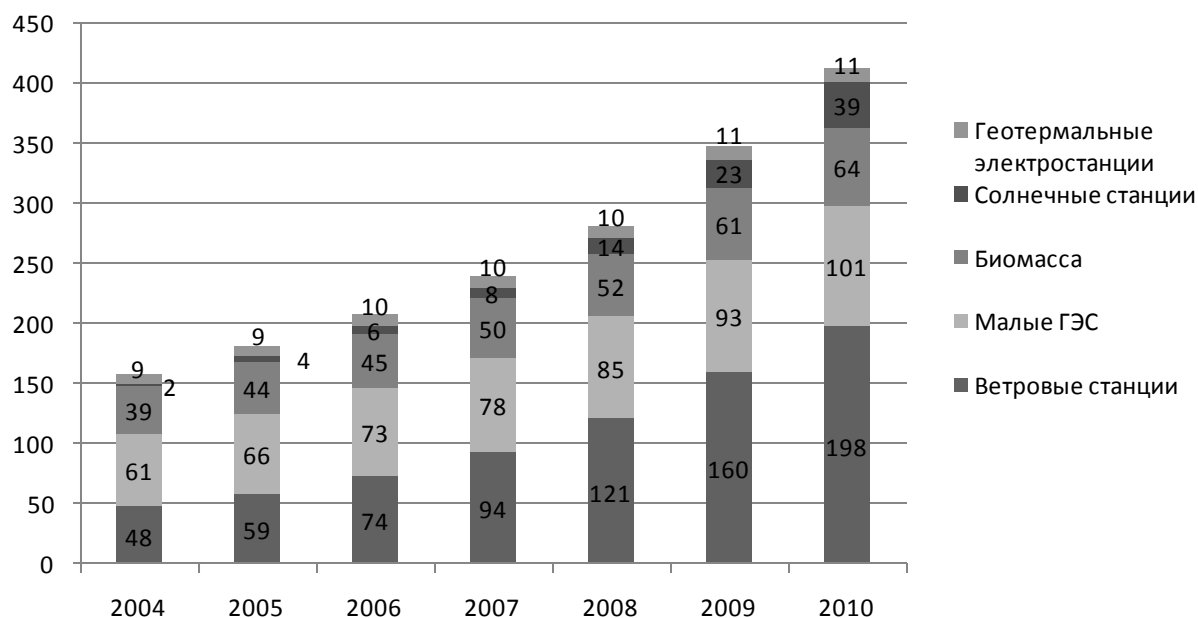


Рисунок 1. Установленная мощность возобновляемых источников энергии в мире, ГВт

Солнечная энергетика (фотовольтаика) — одна из быстрорастущих отраслей мировой энергетики (рис.2). Это обусловлено такими глобальными факторами, как

необходимость обеспечения национальной энергобезопасности, растущая озабоченность экологическими последствиями использования ископаемых источников энергии, а также их устойчивое удорожание. Солнечная энергетика имеет и ряд уникальных преимуществ: энергия солнца доступна, бесплатна, неисчерпаема, а процесс ее преобразования в электрическую энергию оказывает минимальное, по сравнению с другими источниками, воздействие на окружающую среду.

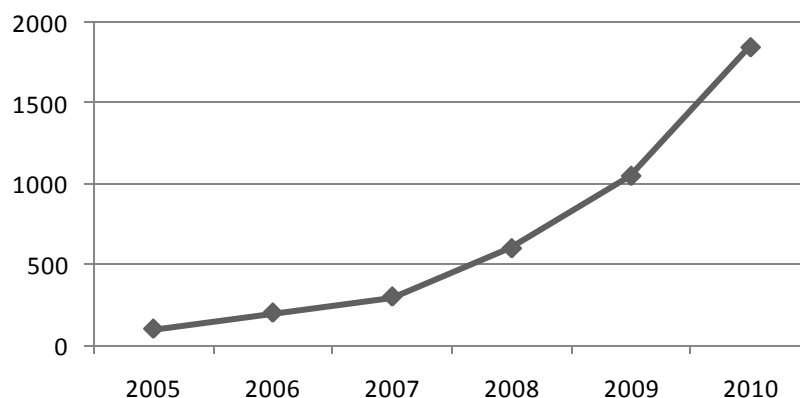


Рисунок 2. Темпы роста рынка солнечной электроэнергетики по сравнению с 2004 годом, %

Объем производства электроэнергии с использованием солнечных установок в 2010 году составил 40 ГВт. Объем производства солнечной электроэнергии вырос по сравнению с 2004 годом почти в 20 раз, средний темп роста составил 180%.

Одним из основных факторов, сдерживающих развитие фотовольтаики, является относительно высокая, по сравнению с другими источниками, стоимость энергии, выработанной «солнечными» системами. Спрос на солнечную энергетику по-прежнему стимулируется правительственными программами в странах, которые стремятся уменьшить свою зависимость от нефти, а также стремятся сохранять окружающую среду. Странами-лидерами по внедрению и инвестициям в технологии солнечной энергии являются Германия, США и Япония.

Эти программы, в первую очередь, нацелены на снижение стоимости электроэнергии за счет наращивания масштабов производства. В результате стоимость электричества, вырабатываемого за счет энергии солнца, динамично снижается. Если в 1976 г. она составляла около \$2/ кВт\*ч, то сегодня — от \$0,25 до 0,50/кВт\*ч. По мнению Европейской Ассоциации Фотовольтаики (EPIA), к 2020 году стоимость электроэнергии, вырабатываемой «солнечными» системами снизится до уровня менее \$0,13/кВт\*ч для промышленных установок и менее \$0,2/кВт\*ч для установок на крышах жилых домов. В соответствии с базовым сценарием МЭА (WEO 2008), мировое производство электроэнергии с использованием фотогальванических установок возрастет с 2006 по 2030 г. почти в 50 раз и достигнет к концу этого периода 245 ТВт-ч, что будет составлять около 0,7% общего производства электроэнергии в мире.

Основным сырьем для производства солнечных элементов для солнечных батарей и установок выступает кремний. Он является самым распространенным в природе элементом в континентальной земной коре. В целом по миру обеспеченность кремниевых производств сырьем считается высокой.

Для получения кремния солнечного качества рассматривается несколько различных подходов:

-традиционные подходы, основанные на переводе металлургического кремния в форму трихлорсиланов и моносиланов с последующей очисткой и восстановлением (наиболее распространенный подход);

-альтернативные подходы, отличающиеся тем, что фактически не используются несмотря на преимущества перед традиционными подходами.

В настоящее время, наиболее распространенным является метод производства кремния с использованием Сименс-процесса. В 2008 г. различные его модификации использовались более чем на 90% действующих мощностей по производству поликремния. К таким производителям относятся Hemlock, Wacker Chemie, Italy MEMC, Tokuyama Soda и др.

Необходимо отметить, что, несмотря на свою распространенность и отлаженность, Сименс-процесс потребляет большое количество электроэнергии ( $> 150 \text{ кВт} \cdot \text{ч/кг Si}$ ), взрыво- и пожароопасен и связан со значительными технологическими и экологическими рисками. В связи с этим существуют определенные ограничения по расположению таких предприятий и удаленности их от населенных пунктов.

К недостаткам Siemens-процесса следует отнести:

- высокие затраты электрической энергии
- применение больших объемов водорода, из-за чего к производству предъявляются повышенные требования по противопожарной безопасности
- низкий выход кремния (только  $\sim 15\%$  кремния содержащегося в исходном сырье превращается в целевой продукт за один цикл)
- необходимость применения сложной системы для рециркуляции непрореагировавших реагентов

Для нивелирования представленных недостатков Сименс-процесса на протяжении многих лет ведутся разработки различных альтернативных технологий получения кремния. К таким подходам относится процесс производства кремния в реакторах кипящего слоя (Fluidized Bed Reactor, FBR), постепенно наращивающий долю рынка. При этом основными преимуществами его является экономия времени и энергии, а, следовательно, снижение себестоимости кремния. Активно развиваются в данном секторе рынка кремния такие компании как MEMC USA (США), REC (Норвегия), UCC, Wacker Chemie (Германия) и др.

Альтернативой Сименс-процессу выступает технология прямой очистки технического (металлургического) кремния с получением улучшенного металлургического кремния (Metallurgical Grade). На сегодняшний день более 20 компаний работают в этом направлении. Среди них такие как Elkem Solar (Норвегия), Dow Corning (Бразилия), Timminco (Канада) и др.

Необходимо отметить, что в настоящий момент альтернативные технологии занимают достаточно малую часть рынка, однако согласно прогнозам ожидается доля произведенного по данным технологиям кремния будет расти впечатляющими темпами.

Производство кремния для нужд солнечной энергетики неуклонно растет. Объем производства в 2006 году кремния в данном секторе энергетики составило более 23 тыс. тонн, а в 2008 – более 46 тыс. тонн. При этом в 2009 году рост производства кремния солнечного качества составил более 30 % по сравнению с 2008 годом (до значения 70 тыс тонн/г (рис.3)). Таким образом, наблюдавшийся до 2007 года дефицит кремния для нужд фотовольтаики был погашен в 2008 году, но потребности продолжают расти и в 2010 году снова наблюдался дефицит кремния солнечного качества. Предполагается открытие новых предприятий (подобные планы есть у таких компаний, как DC Chemical (Корея), LDK (Китай), Нитол (РФ)). Мировой лидер по

производству поликристаллического кремния солнечного качества - корпорация SGS Asimi.

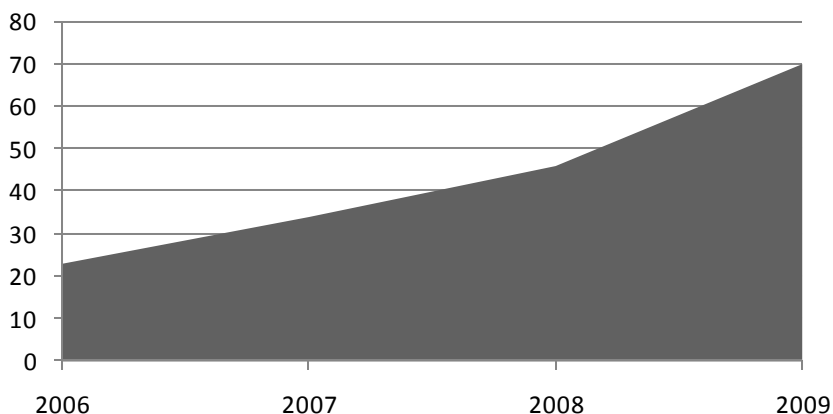


Рисунок 3. Производство кремния солнечного качества, тыс.тонн

Цена технического кремния колеблется в районе \$1,5-3 за кг, а поликристаллический кремний чистоты 99,99999 той же массы стоит уже \$25–40 за кг, чистоты 99,999999 - выше \$100 за кг. Порезанные и отполированные с одной стороны пластины кремния толщиной 0,2-0,4 мм стоят уже \$300 за кг.

Имеющиеся в мире мощности по производству кремния для солнечной энергетики не в состоянии удовлетворить растущий спрос. Эксперты считают ситуацию критической, поскольку основные поставщики (немецкие, американские, бразильские и ряд небольших китайских компаний) не в состоянии удовлетворить растущие потребности рынка.

Именно поэтому на данный момент ведется разработка новой технологии производства кремния солнечного качества (SOG-Si), использующую в качестве восстановителя субхлорид алюминия. Кремний, производимый по данной технологии, является более конкурентоспособным на рынке, так как имеет более низкую себестоимость за счет использования более дешевого сырья в сравнении с другими технологиями. Кроме того, данный способ производства предполагает создание замкнутого цикла производства и повторное использование отходов производства, что позволит экономить на издержках. Побочные продукты производства кремния по данной технологии может быть продан на рынке, за счет чего предприятие получит дополнительную прибыль.

Таким образом, мировой рынок кремния солнечного качества является быстро растущим рынком промышленных товаров. Кроме того, данный рынок можно назвать рынком продавца, так как на нем наблюдается дефицит. Роль данного рынка очень важна для развития современной солнечной энергетики, так как в конечном счете именно от количества произведенного кремния солнечного качества зависят объемы производства электроэнергии с использованием солнечных установок.